

INVESTIGASI PENGARUH PEMANFAATAN TANDAN BUAH KOSONG SEBAGAI BAHAN BAKAR BOILER TERHADAP PEMBENTUKAN GAS RUMAH KACA

Oleh : Amiral Aziz^{*)}

Abstract

The gas produced in solid waste disposal sites, particularly CH₄ can be a local environmental hazard if precaution are not taken to prevent uncontrolled emissions or migration into surrounding land. Gas can migrate from solid waste disposal sites either laterally or by venting to atmosphere, causing vegetation damage and unpleasant odors at low concentration, while at concentration of 5-15 per cent in air, the gas may be form explosive mixture.

Recently, a forest fire on the Indonesian islands of Sumatra and Kalimantan left not only Indonesia but neighboring countries as well covered under a thick cloud of haze. Some palm plantations and palm oil refineries once disposed of palm oil waste (Empty Fruit Bunches) by drying them in ovens and then burning them in fields.

This paper discusses some results of the experimental and theoretical investigations which conducted to examine effects of the utilization of palm oil wastes particularly Empty Fruit Bunches as the fuel of boiler on greenhouse gas emission.

Kata kunci : : Kelapa sawit, TBK (Tandan Buah Kosong), batubara, CFB Boiler (Circulating Fluidized Bed Boiler), gas rumah kaca

1. PENDAHULUAN

Industri perkebunan kelapa sawit menghasilkan limbah yang jauh lebih besar dibandingkan komoditas perkebunan lainnya. Salah satu limbah padat yang dihasilkan industri kelapa sawit adalah berupa Tandan Buah Kosong = TBK (*Empty Fruit Bunches*). Pemanfaatan TBK pada saat ini masih sangat terbatas dan nilai ekonominya hampir tidak ada. Selama ini TBK tersebut dibakar di *incenerator* untuk diambil abunya sebagai pupuk kalium. Cara ini akan dilarang dimasa mendatang karena menimbulkan problem pencemaran, disamping itu biaya perawatan *incenerator* cukup tinggi. TBK juga dimanfaatkan sebagai mulsa di perkebunan sawit, akan tetapi biaya transportasi yang dikeluarkan perunit nutrisi cukup tinggi. Pemanfaatan lain yang mempunyai prospek cukup tinggi adalah sebagai bahan bakar pada boiler untuk menghasilkan uap

Direktorat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi pada tahun 1999 bekerjasama dengan NKK atas biaya "*Japan External Trade Organization*" untuk melakukan penelitian pemanfaatan Tandan Buah Kosong (TBK) kelapa sawit sebagai bahan bakar boiler. Pada penelitian ini penulis ditugaskan sebagai "*Head of Mechanical Engineer*" yang mengkoordinir penelitian yang berhubungan

dengan pengaruh pemanfaatan TBK sebagai bahan bakar boiler terhadap kinerja pembakaran pada boiler, kinerja pembangkit listrik tenaga uap.serta pengaruh pemanfaatan TBK sebagai bahan bakar terhadap pembentukan gas rumah kaca

Sebagai objek penelitian dipilih perkebunan dan pabrik minyak kelapa sawit Unit Samuntai dan Long Pinang kabupaten Pasir – Kalimantan Timur

2. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan TBK sebagai bahan bakar boiler terhadap pembentukan gas rumah kaca.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan dua pendekatan investigasi yaitu investigasi eksperimental dan investigasi teoritikal. Investigasi eksperimental yaitu dengan melakukan pengujian sample TBK sebagai bahan bakar boiler yang dicampur batubara untuk prosentase yang bervariasi yaitu 100 TBK (0 % batubara) sampai 0 % TBK (100 % batubara). Untuk mendapatkan sample TBK, maka dilakukan survei lapangan ke perkebunan dan pabrik kelapa sawit unit Samuntai dan unit

^{*)} Peneliti Direktorat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi – TPSA BPPT

Long Pinang yang berlokasi di kabupaten Pasir – Kalimantan Timur. Survei ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik pabrik dan potensi TBK yang ada di dua perkebunan tersebut serta status pemanfaatan TBK pada saat penelitian ini dilakukan. Disamping itu juga dilakukan survei ke tambang batubara milik PT.Kideco Jaya Agung yang mempunyai kapasitas produksi mencapai 900 juta ton setahun yang berlokasi disekitar perkebunan tersebut. Beberapa ton dari TBK dan batubara dari lokasi ini kemudian dikirim ke Jepang untuk dilakukan pengujian.

Investigasi teoritikal pembentukan gas rumah kaca dilakukan berdasarkan pedoman yang diberikan pada buku IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). Evaluasi pengurangan gas rumah kaca merupakan selisih emisi gas rumah kaca yang ditimbulkan antara kondisi apabila campuran TBK dan batubara dengan rasio yang bervariasi dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik berkapasitas 25 MW dengan kondisi pembangkitan listrik berkapasitas 25 MW yang menggunakan bahan bakar batubara saja sedangkan TBK yang timbul dibuang berupa landfill.

Tingkat emisi CO_2 dari hasil pembakaran batubara dihitung menurut buku pedoman IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) yaitu :

$$E_{CO_2} = M_b \times ECF \times CEF \times FCO \times \frac{44}{12} \dots\dots(1)$$

dimana :

E_{CO_2} = emisi CO_2 akibat pembakaran batubara
 M_b = massa bahan bakar yang terbakar
 ECF = factor konversi energi
 CEF = faktor emisi karbon
 FCO = fraksi karbon teroksidasi

Sedangkan tingkat emisi gas metana (CH_4) yang timbul akibat pembuangan TBK dapat dihitung dengan formulasi berikut :

$$E_{CH_4} = (MTBK_T \times MTBK_F \times MCF \times DOC \times DOC_F \times F \times \frac{16}{12} - R) \times (1 - OX) \dots\dots(2)$$

Dimana :

E_{CH_4} = emisi gas metan (Gg/tahun)
 $MTBK_T$ = massa total TBK
 $MTBK_F$ = fraksi TBK yang dibuang sebagai limbah padat ke landfill

DOC = Fraksi karbon organik yang terkandung didalam TBK

DOC_F = Fraksi karbon organik yang tergasifikasi di landfill

F = adalah rasio antara jumlah massa C sebagai CH_4 dan massa C sebagai biogas = 0,25

R = CH_4 yang terambil kembali (recovered CH_4)

OX = factor oksidasi dalam kasus ini = 0

4. PROSEDUR INVESTIGASI EKSPERIMENTAL

Pengujian dilakukan pada fasilitas yang dimiliki oleh NKK Corporation yang berlokasi di Yokohama – Jepang. Pengujian dilakukan pada saat team peneliti direktorat TPSE melakukan kunjungan ke Jepang pada bulan Maret 1999. TBK yang dihasilkan dari kedua lokasi ini mempunyai panjang sekitar 60 cm dan lebar 30 cm. Jika TBK ini langsung diumpankan ke CFB akan mengalami problem pengangkutan (handling) serta problem pembakaran. Untuk itu pertama-tama TBK diproses dalam “*crushed machine*” untuk memperkecil dimensi TBK sampai ukuran menjadi 30 cm panjang dan 20 cm lebar sehingga dapat terfluidisasi dalam CFB. Kandungan air dalam TBK dapat diturunkan dibawah 40 % dengan menggunakan peralatan khusus yang disebut “*special screw press*”.

Percobaan pembakaran telah dilakukan untuk menginvestigasi karakteristik pembakaran dari TBK. TBK yang digunakan diperoleh dari pabrik minyak kelapa sawit unit Samuntai dan unit Long Pinang kabupaten Pasir Kalimantan Timur. Sedangkan batubara yang digunakan diperoleh dari tambang batubara milik PT. Konika Jaya Agung – Kalimantan Timur. Batubara dan TBK diumpankan melalui saluran yang terpisah masuk kedalam “*Experimental Circulating Bed Combustion Furnace*” dan selanjutnya kita sebut CFB.(Gambar 1). Batu bara dan TBK dimasukkan ke dalam konveyor dan secara kontinyu diumpankan ke dalam ruang pembakaran. Sistem secara otomatis mengatur laju pengumpanan batubara disesuaikan dengan fluktuasi laju pemasukan TBK untuk menjaga pembakaran yang stabil di dalam ruang pembakaran. Udara pembakaran dipanaskan dengan pemanas listrik (*electric heater*) dan diumpankan kedalam CFB secara pneumatik.

Batu kapur dimasukkan ke dalam ruang pembakaran untuk desulfurisasi. Batu kapur dalam ukuran sekitar 20 mm diterima *hopper* dan akan dipecah lebih lanjut untuk memberikan efek desulfurisasi maksimum.

Batukapur mempunyai komposisi 97 % Ca CO_3 , 1,5 % MgCO_3 dan 1,5 % H_2O atas dasar berat. Abu dipisahkan ke dalam abu terbang dan abu bawah dan ditangani secara terpisah. Abu bawah dihilangkan dari ruang pembakaran dengan menggunakan peralatan ulir yang didinginkan dengan air dan dipisah dengan ayakan dan partikel tertinggal disimpan dalam silo. Sebagian abu bawah ini dikembalikan ke dalam ruang pembakaran untuk mengatur volume sirkulasi partikel dalam ruang pembakaran. Sisanya diangkut dengan truk atau ditempatkan pada wadah tertentu. Abu terbang beredar bersama dengan emisi gas melalui *bag filter* terkumpul dan secara pneumatik diumpankan ke dalam silo penyimpanan. Sebagian abu terbang ini dikembalikan ke dalam ruang pembakaran dengan maksud membakar partikel yang belum sempat terbakar, sehingga menambah efisiensi pembakaran.

Sebuah “gas chromatograph” ditempatkan pada sisi keluar siklon untuk mengetahui karakteristik pembakaran dari percobaan. Selanjutnya alat ukur temperatur ditempatkan pada beberapa lokasi sepanjang badan “furnace” untuk mengetahui distribusi temperatur didalam “furnace”.

5. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Beberapa percobaan dilakukan untuk memperoleh data tentang TBK guna menentukan spesifikasi fasilitas pembangkit listrik. Analisa kimia TBK dan batubara dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2. Pengukuran distribusi panas di dalam reaktor pembakaran menunjukkan bahwa pembakaran yang terjadi cukup stabil, hal ini ditunjukkan dengan temperatur gas hasil pembakaran sebesar 700°C atau lebih dapat diperoleh dari setiap area dari reaktor. TBK lebih bersifat *volatile* dibanding dengan batubara, sehingga dihasilkan laju pembakaran yang lebih cepat. Karena alasan tersebut. TBK segera mulai terbakar setelah diumpankan ke dalam reaktor pembakaran. Hasil pengukuran sampel gas yang diambil pada sisi keluar siklon menunjukkan bahwa level dari gas CO , CO_2 dan gas lainnya cukup stabil sehingga dapat disimpulkan bahwa pembakaran yang terjadi didalam reaktor juga cukup stabil.

Tabel 3 dan tabel 4 memperlihatkan hasil pengujian pembakaran TBK yang dicampur dengan batubara untuk prosentase yang bervariasi. Apabila hanya digunakan batubara maka efisiensi boiler didapat 92,8 % dengan kebutuhan batubara sebanyak 14,1 ton/jam dan udara pembakaran yang dibutuhkan sebanyak $110000 \text{ Nm}^3/\text{h}$. Tetapi jika

digunakan bahan bakar adalah campuran batubara dan TBK dengan perbandingan sekitar 2 : 1, maka efisiensi boiler sedikit menurun dari 92,4 menjadi 92,2, hal ini disebabkan karena kerugian porsi udara yang disuplai ke boiler sebagai udara pembakaran sedikit meningkat. Efisiensi juga menurun karena meningkatnya kerugian energi didalam boiler yang disebabkan oleh kerugian yang disebabkan oleh kebasahan bahan bakar dan kerugian karena terbentuknya gas pembakaran pada pembakaran yang tak sempurna, hal yang terakhir ini dibuktikan dengan terdapatnya gas-gas CO , H_2 dan CH_4 didalam gas buang. Pembakaran dengan bahan bakar terdiri dari campuran batubara dan TBK juga menghasilkan *flue gas* yang relatif lebih banyak jika hanya batubara yang dibakar, ini disebabkan karena meningkatnya volume udara yang dibutuhkan untuk terjadinya proses pembakaran.

Estimasi konsumsi bahan bakar batubara untuk pembangkit listrik 25 MW adalah 110,737 kton/tahun. Faktor konversi energi adalah 25,75 terra Joule/kilo ton (3), faktor emisi karbon adalah 25,8 ton C/terra Joule (3), fraksi karbon teroksidasi adalah 0,98 (3). Sehingga emisi CO_2 dari hasil pembakaran batubara untuk membangkitkan listrik sebesar 25 MW adalah 264354 ton/tahun. Pengurangan emisi karbon dioksida karena pengurangan jumlah batubara yang akan diperlukan dalam pembakarannya dan dalam waktu yang bersamaan akan mengurangi jumlah emisi metana yang dibangkitkan karena pembuangan TBK sebagai *landfill*.

Dari table 4 dapat dilihat bahwa apabila 95,472 kton/tahun TBK dihasilkan dari pabrik pengolahan kelapa sawit di Long Pinang dan Semuntai, maka sisa energi yang diperlukan untuk membangkitkan listrik 25 MW adalah diambil dari batubara sebesar 31,68 kton/tahun. Dalam kasus ini, jumlah karbon dioksida yang ditimbulkan akan berkurang sebesar 188.73 Gg/tahun, apabila dibandingkan dengan menggunakan 100 % batubara yaitu dengan membakar 110.737 kton/tahun akan dihasilkan gas CO_2 sebanyak 264,35 Gg/tahun. Sedangkan jumlah metana yang ditimbulkan berkurang sebesar 7,35 Gg/tahun. apabila seluruh TBK dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler.

Pada table 3 diperlihatkan juga pengaruh prosentase TBK yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar terhadap pembentukan gas CH_4 . Jika seluruh TBK yang dihasilkan (95,472 Gg/tahun) dibuang sebagai *landfill*. sehingga fraksi tandan kosong yang dibuang sebagai *landfill* adalah 1, fraksi kandungan karbon organik adalah 0,3, fraksi karbon organik yang

tergasifikasi di dalam *landfill* adalah 0,77, fraksi metana yang ditimbulkan adalah 0,5 tetapi karena kasus pada landfill adalah open dump sehingga fraksi metana yang ditimbulkan adalah 0,25, sedangkan CH₄ yang terambil kembali diasumsikan 0. maka gas CH₄ yang dihasilkan adalah 7,35 Gg/tahun. Jika 50 % nya dibakar sebagai bahan bakar dan sisanya dibuang dalam bentuk landfill maka gas CH₄ yang terbentuk adalah 3,68 Gg/tahun yang berarti terjadi pengurangan sebesar 3,67 Gg/tahun. Dari table 4 dan gambar 2 dapat juga dilihat pengaruh pengurangan pembentukan gas CO₂ untuk prosentase TBK yang dibakar. dan CH₄ untuk Secara ringkas efek positif pemanfaatan TBK sebagai bahan bakar boiler untuk memproduksi tenaga listrik ditinjau dari segi lingkungan dapat dilihat dari Tabel 5.

6. KESIMPULAN

Dari hasil investigasi ini dapat disimpulkan bahwa dengan kapasitas pembangkit tenaga uap sebesar 25 MW:

- Pemanfaatan TBK sebagai bahan bakar boiler dapat menurunkan pembentukan gas CO₂ sebesar 188,73 Gg/tahun.
- Apabila TBK dibuang dalam bentuk landfill maka akan terbentuk gas CH₄ sebesar 7,35 Gg/tahun, sehingga jika seluruhnya dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler maka gas CH₄ yang terbentuk berkurang sebesar 7,35 gg/tahun.

DAFTAR PUSTAKA

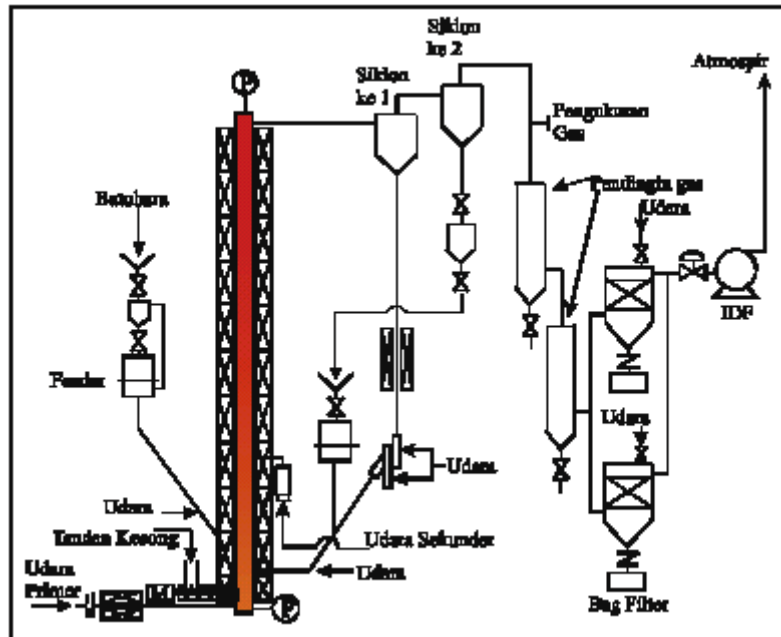
1. Amiral Aziz, Januari 2000, Kajian Pemanfaatan Tandan Buah Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar Boiler Pada Circulating Fluidized Bed Boiler, MESIN, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri – Universitas Trisakti, Volume 2 Nomor 1.
2. Amiral Aziz, 1998, Optimasi Pemanfaatan Produk Ikutan Industri Kelapa Sawit – Kajian Ekonomi Penerapan Teknologi “COGENERATION” Majalah BPP Teknologi.
3. Anonymous, 1999, The Feasibility Study on Power Generation by Biomass Fuel using Fluidized Bed Project in Republic of Indonesia. Japan External Trade Organization,
4. Anonymous, 1996, IPCC Guidelines for National Green-house Gas Inventories, Reference Manual Intergovernmental Panel on Climate Change.
5. Anonymous, Indonesia- Prospect for Biomass Power Generation with Emphasis

on Palm Oil, Sugar, Rubberwood and Plywood Residues, ESMAP, 1994.

6. Purboyo Guritno dan Diwan Prima Ariana. 1996. Mesin Kempa Tipe Ulir Tunggal untuk Mengempa Rajangan Tandan Kosong Sawit. Jurnal Penelitian Kelapa Sawit. Vol.4(1)
7. Purboyo Guritno. 1988. Konsep Zero Buring. Jurnal Penelitian Kelapa Sawit,. Vol.3(1). Sens P.F. and Williamson J.K. 1988. Fluidized Bed Combustor Design, Construction and Operation. Elsevier Applied Science. England

RIWAYAT PENULIS

Amiral Aziz, lahir di Padang Panjang tanggal 23 Agustus 1958. Menamatkan pendidikan Sarjana Teknik Mesin di Institut Sains dan Teknologi Nasional (d/h STTN) tahun 1984. Tahun 1991 ia menyelesaikan S2 dalam bidang *Thermal Power and Fluid Engineering* di UMIST – Manchester – United Kingdom. Tahun 1991, 1992, 1993 dan 1994 beberapa kali mengikuti training dalam bidang Energi Baru di Maryland, Oklahoma dan Florida - USA. Tahun 1999 mengikuti training di bidang Manajemen Produksi dan Energi Biomassa di Jepang. Tahun 1995-1998 Co-Project Manager pada *REDP (Renewable Energy Development Plan) Project* di PLN yang dibiayai oleh Bank Dunia. Disamping sebagai Peneliti Madya bidang Energi penulis juga tenaga edukatif tidak tetap dengan pangkat Lektor Kepala Madya dan pembimbing Tugas Akhir (Skripsi) dalam bidang Konversi Energi di ISTN dan Universitas Trisakti yang keduanya berlokasi di Jakarta.



Gambar 1. Skema peralatan testing yang digunakan dalam pembakaran Tandan Buah Kosong dan Batubara

Tabel 1. Hasil analisa batubara Roto

	Komponen	Unit	
Analisa Proksimasi	Ash	% massa	1,2
	Volatile matter	(kering)	42,1
	Fixed Carbon		42,3
Analisa Ultimasi	Carbon		72,0
	Air (H ₂ O)		5,3
	Nitrogen	% massa	1,0
	Sulfur	(kering)	0,1
	Oxygen		20,2
Nilai Panas	HHV	kJ/kg (kering) kJ/kg (basah)	24410,21
	LHV		

Tabel 2. Hasil analisa Tandan Buah Kosong

	Komponen	Unit	Test1	Test 2
	Moisture	% massa	69,0	21,1
Analisa Proksimasi	Ash	% massa	4,7	5,6
	Volatile matter	(kering)	76,5	71,7
	Fixed Carbon		18,8	22,7
Analisa Ultimasi	Carbon	% massa (kering)	48,0	47,2
	Hydrogen		5,5	5,4
	Nitrogen		1,2	1,3
	Sulfur		0,3	0,1
	Chlorida		0,5	0,5
	Oxygen		39,8	40,2
Nilai Panas	HHV	kJ/kg (kering) kJ/kg (basah)	19193,2	18757,8
	LHV		5949,7	13314,7
Analisa Komponen Abu (ash)	SiO ₂	% massa	27,1	25,0
	Al ₂ O ₃		2,3	0,5
	TiO ₂		0,1	0,1
	Na ₂ O		0,8	2,1
	K ₂ O		35,5	13,0
	CaO		10,2	8,1
	MgO		5,1	7,7
	P ₂ O ₅		6,5	3,9
	V ₂ O ₅			< 0,01
	Fe ₂ O ₃		8,3	0,9
	SO ₃		4,0	
	Mn ₃ O ₄		0,1	

Tabel 3.

Pengaruh Penggunaan TBK sebagai bahan bakar Boiler terhadap pembentukan Gas Metana

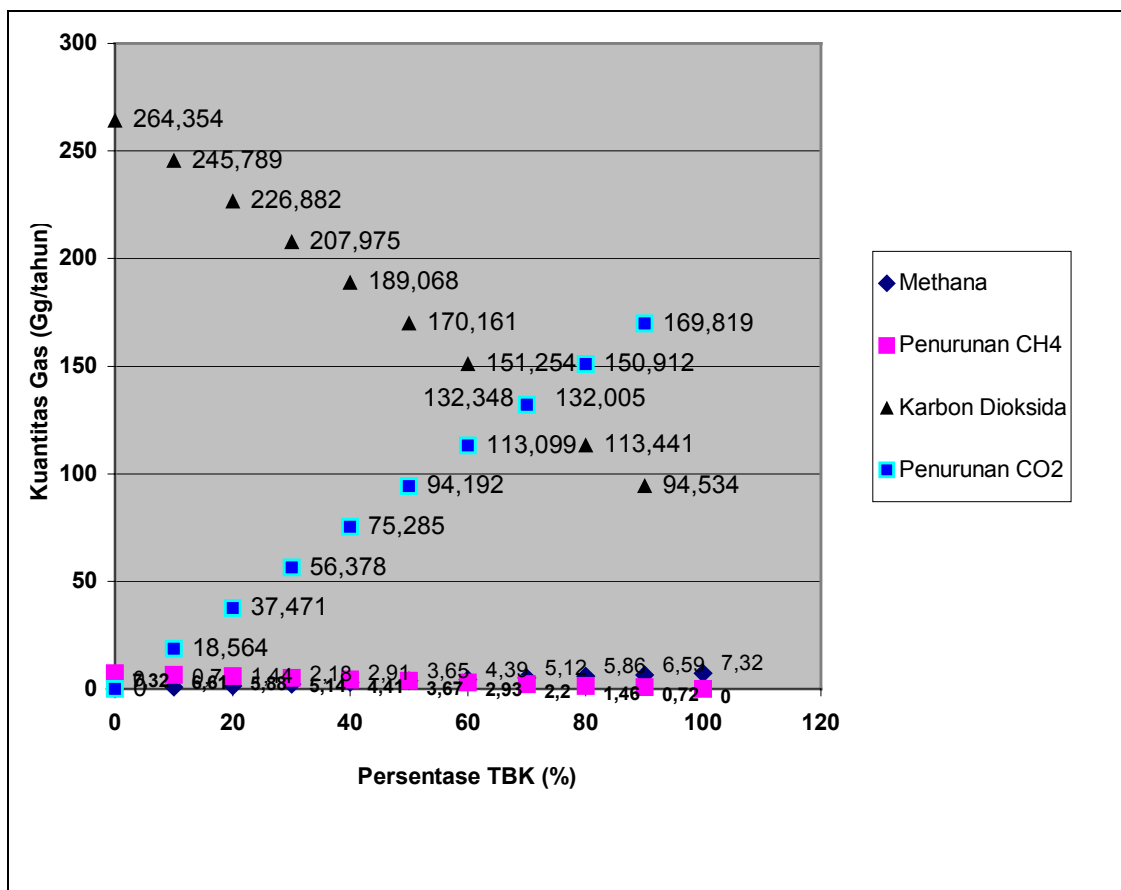
MTBKt Gg/thn	MTBK Gg/thn	MTBKt- MTBKt Gg/thn	MTBKf	MCF	DOC	DOCf	F	MCH ₄ Gg/thn	DCH ₄ Gg/thn
95.472	95.472	0	0.00	1	0.3	0.77	0.25	0	7.35
95.472	85.91	9.56	0.10	1	0.3	0.77	0.25	0.74	6.61
95.472	76.34	19.13	0.20	1	0.3	0.77	0.25	1.47	5.88
95.472	66.78	28.69	0.30	1	0.3	0.77	0.25	2.21	5.14
95.472	57.21	38.26	0.40	1	0.3	0.77	0.25	2.95	4.41
95.472	47.65	47.82	0.50	1	0.3	0.77	0.25	3.68	3.67
95.472	38.08	57.39	0.60	1	0.3	0.77	0.25	4.2	2.93
95.472	28.52	66.95	0.70	1	0.3	0.77	0.25	5.16	2.20
95.472	18.96	76.52	0.80	1	0.3	0.77	0.25	5.89	1.46
95.472	9.39	86.08	0.90	1	0.3	0.77	0.25	6.63	0.72
95.472	0	95.47	1.00	1	0.3	0.77	0.25	7.35	0.00

Tabel 4. Pengaruh Penggunaan TBK sebagai bahan bakar Boiler Terhadap Pembentukan Gas CO₂

MTBK kT/thn	Fraksi TBK %	MBB kt/thn	ECF TJ/kt	CEF tC/TJ	FCO	MCO ₂ Gg/thn	DCO ₂ Gg/thn
0	0	110.737	25.75	25.8	0.98	264.35	0
9.39144	8.36	102.96	25.75	25.8	0.98	245.79	18.56
18.956	16.63	95.04	25.75	25.8	0.98	226.88	37.47
28.5205	24.66	87.12	25.75	25.8	0.98	207.98	56.38
38.085	32.47	79.2	25.75	25.8	0.98	189.07	75.29
47.6495	40.07	71.28	25.75	25.8	0.98	170.16	94.19
57.214	47.45	63.36	25.75	25.8	0.98	151.25	113.1
66.7785	54.64	55.44	25.75	25.8	0.98	132.35	132.01
76.343	61.64	47.52	25.75	25.8	0.98	113.44	150.91
85.9075	68.45	39.6	25.75	25.8	0.98	94.53	169.82
9.472	75.08	31.68	25.75	25.8	0.98	75.63	188.73

Tabel 5. Pengaruh langsung penurunan CO₂ dan CH₄ tahunan dan komulatif dari Pembangkit Tenaga Listrik selama 20 tahun.

Tahun		2000	2001	2002	2003	2004	2019
Emissi							
Tahunan							
Total		48715	194860	194860	194860	194860	194860
Pengaruh Langsung	CO ₂	10285	41140	41140	41140	41140	41140
	CH ₄	38430	153720	153720	153720	153720	153720
Komulatif							
Total		48715	243575	438435	633295	828155	7648255
Pengaruh Langsung	CO ₂	10285	51425	92565	133705	174845	1614745
	CH ₄	38430	192150	345870	499590	653310	6033510



Gambar 2. Pengaruh Persentase TBK terhadap Pembentukan Gas Rumah Kaca